PENGEMBANGAN ALAT PENAKAR BIJI-BIJIAN OTOMATIS UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI PENGEMASAN

Development of An Automatic Grain Measurement Device For Enhacing Packaging Efficiency

Renny Eka Putri, Hafiz Al Assad, Santosa, Angelia Butar Butar
Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Andalas, Padang, Indonesia
Email: rennyekaputri@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Biji-bijian merupakan komoditi yang sangat banyak beredar dipasaran seperti jagung, kacang hijau, kacang tanah, beras, ketan. Pengemasan pada industri biji-bijian skala rumahan masih menggunakan cara manual. Penggunaan timbangan secara manual dengan kontak fisik secara langsung menyebabkan kurang terjaganya kehigienisan dari biji-bijian. Peningkatan produktivitas dalam pengemasan biji-bijian ke konsumen sangat diperlukan dengan teknologi pertanian. Hal ini tentu dapat mempengaruhi efektifitas kerja, dan kurang praktisnya saat bekerja. Tujuan penelitian ini ialah merancang alat penimbangan berat otomatis untuk biji-bijian dengan Arduino yang dapat di kontrol jumlah keluaran berat biji-bijian dengan keyped 4x4 yang memberikan akurasi lebih tepat dari cara konvensional. Pembuatan prototipe terdiri dari hopper, pintu hopper, timbangan load cell, kotak mikrokontroler yang dibuat berdasarkan konsep desain. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu biji kacang hijau, biji jagung, biji kedelai. Kadar air biji kacang hijau 12,6% - 12,9%, jagung11,2% - 11,6%, kedelai 9,9% - 10,3%. Dari uji coba yang telah dilakukan menunjukan alat 4 kali lebih cepat dibandingkan penimbangan dengan dengan cara konvensional. Laju grain flow kacang hijau 97,05 gram/detik, jagung 58,58 gram/detik, kedelai 61,39 gram/detik. Pada penimbang berat yang lebih besar memiliki error yang lebih kecil. Alat ini didesain dengan mempertimbangkan kecepatan dan ketelitian, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam pengemasan. Selain itu, kemampuan adaptabilitasnya memungkinkan penanganan berbagai jenis biji-bijian.
Kata kunci—Grain Flow; Jagung; Kacang Hijau; Kedelai; Penakar

ABSTRACT

Grains, including corn, mung beans, peanuts, rice, and glutinous rice, are widely circulated commodities. In small-scale grain packaging industries, manual methods are still prevalent. Manual weighing, involving direct physical contact, compromises grain hygiene. Enhancing productivity in grain packaging for consumers is essential and can be achieved through agricultural technology. This improvement can significantly affect work efficiency and practicality. This study aims to design an automatic grain weighing device using Arduino, which allows precise control of the output weight through a 4x4 keypad, offering greater accuracy compared to conventional methods. The prototype consists of a hopper, hopper door, load cell scale, and a microcontroller box, all designed based on the concept. The materials used in this study include mung beans, corn, and soybeans, with moisture contents of 12.6% - 12.9% for mung beans, 11.2% - 11.6% for corn, and 9.9% - 10.3% for soybeans. Testing indicates that the device is four times faster than traditional weighing methods. The grain flow rates are 97.05 grams/second for mung beans, 58.58 grams/second for corn, and 61.39 grams/second for soybeans. The device shows smaller errors with larger weights. Designed with speed and precision in mind, this device enhances packaging efficiency and offers adaptability for handling various types of grains.
Keywords: Grain Flow; Corn; Mung Beans; Soybeans; Measuring Device

PENDAHULUAN

Teknologi merupakan suatu alat yang dapat memudahkan kebutuhkan kehidupan manusia sehari-hari. Hampir disetiap kegiatan manusia dapat ditemui bentuk teknologi baik di bidang hiburan, industri, kesehatan, transportasi, dan sebagainya. Inovasi-inovasi yang terjadi pada teknologi saat ini terus

berkembang yang berguna untuk mempermudah dan meningkatkan kualiatas kerja manusia dalam bekerja. Negara jepang yang telah menggunakan teknologi-teknologi dalam dunia industrinya. Perkembangan teknologi Indonesia dibidang pertanian sudah mulai membaik, walaupun bisa disebut modern karena secara keseluruhan petani Indonesia masih menggunakan cara konvensional.

Banyak sekali komoditi yang berpotensi dalam menopang perekonomian masyarakat Indonesia salah satunya biji-bijian. Biji-bijian merupakan komoditi yang sangat banyak beredar dipasaran seperti jagung, kacang hijau, kacang tanah, beras, ketan, dan masih banyak lainnya. Pengemasan pada industri biji-bijian skala rumahan masih menggunakan cara manual. Peningkatan produktivitas dalam pengemasan biji-bijian ke konsumen sangat diperlukan dengan teknologi pertanian. Umumnya petani biji-bijian di Indonesia masih menggunakan timbangan dalam penentuan takaran berat saat pengemasan. Hal ini tentu dapat mempengaruhi efektifitas kerja, dan kurang praktisnya saat bekerja.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Alwi et al. (2015) menggunakan load cell untuk packing pakan ikan. Load cell dijadikan sebagai sensor yang dapat membaca berat pakan ikan sesuai berat yang dibutuhkan. Ketepatan alat dari tiga metode setting pengujian pada berat 60 gram sebesar 90,45%, pada berat 80 gram sebesar 95,58%, dan pada berat 100 gram sebesar 94,34%.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Nasution (2015) juga membuat alat penimbang kacang tanah otomatis yang menggunakan sensor load cell berbasis Arduino Uno R3 dengan penambahan motor servo penggerak pintu hopper. Hasil pengamatan memperlihatkan penimbangan biji kacang tanah belum terkelupas lebih mendekati berat yang diinginkan dibandingkan biji kacang tanah yang telah terkelupas. Nilai rata-rata penyimpangan berat kacang tanah yang telah terkelupas pada pengujian 100 gram sebesar 6,2%, pada berat 250 gram sebesar 5,644%, pada berat 500 gram sebesar 3,442%. Sedangkan nilai rata-rata penyimpangan berat kacang tanah yang belum terkelupas pada pengunjian berat 100 gram sebesar 5,82%, pada berat 250 gram sebesar 3,18%, pada berat 500 gram sebesar 2,026%. Gerakan pintu penutup bawah hopper terkadang membentur biji kacang tanah menyebabkan biji kacang tanah terlempar dan tidak tertimbang. Tujuan penelitian ini ialah merancang alat penimbangan berat otomatis untuk biji-bijian dengan Arduino yang dapat di seting jumlah keluaran berat biji-bijian dengan keyped 4x4 yang memberikan akurasi lebih tepat dari cara konvensional.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian ini adalah 1) melakukan pengembangan untuk merancang dan mengembangkan alat penakar biji-bijian otomatis yang efisien, 2) Evaluasi prototipe alat secara berkala selama proses pengembangan, dan 3) melakukan uji coba eksperimental untuk mengukur kinerja alat penakar biji-bijian yang dikembangkan dalam berbagai kondisi dan skenario pengemasan.

A. Rancangan Alat

1. Rangka Utama

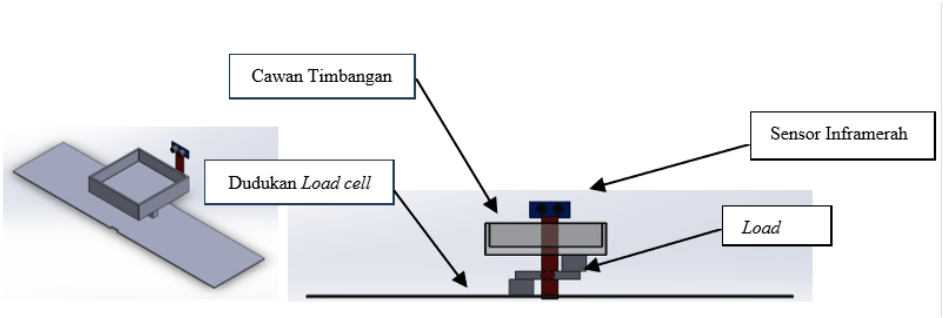
Rangka utama terbuat dari besi siku dan papan akrilik bening yang didesain dengan sotftware solidworks. Rangka utama memiliki empat kaki yang sama tinggi yang diposisikan seperti persegi panjang. Kerangka utama terbuat dari besi siku 3 cm x 3 cm dengan ketebalan 0,3 cm.

2. *Hopper* dan Pintu *Hopper*

Hopper terbuat dari papan akrilik dengan ketebalan 0,5 cm. Hopper dirancang mengkerucut kearah bawah, semakin kedasar hopper semakin mengecil kebagian pintu hopper. Pintu hopper terbuat dari papan akrilik yang digerakan dengan motor servo MG996R. Motor servo dipasang tepat disebelah pintu keluaran hopper.

3. Timbangan *Load cell*

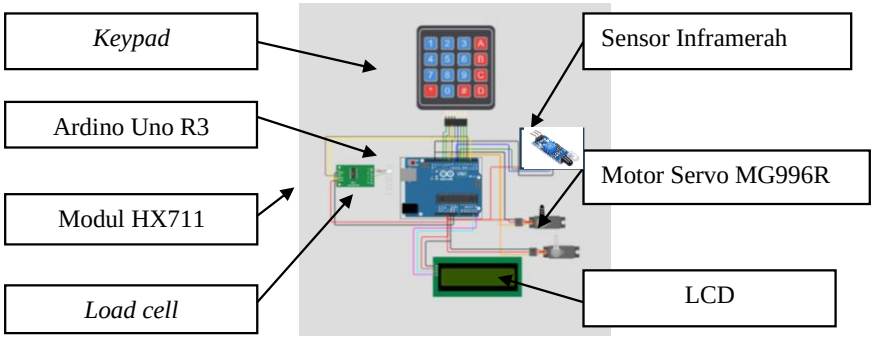
Timbangan yang dirancang menggunakan load cell dengan kapasitas 5000 gram. Dimensi dari load cell yang digunakan 8 cm x 1 cm x 1cm. Load cell dipasangkan ke plat besi dengan baut dan mur agar dapat membaca nilai renggangan dari load cell. Pada bagain atas load cell diletakkan wadah penampung atau sebagai atas tempat kemasan biji-bijian. Load cell dihubungkan dengan modul HX711 yang tersambung dengan mikrokontroller Arduino Uno R3. Mikrokontroller akan menampilkan hasil dari pembacaan sensor load cell pada LCD. Timbangan digital dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan timbangan *load cell*

B. Tahap Perancangan Sistem Kontrol

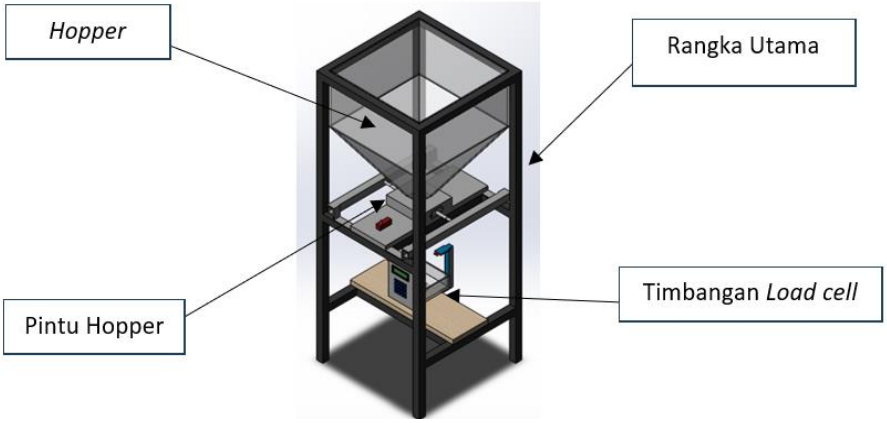
Perancangan sistem kontrol disesuaikan dengan diagram rangkaian yang telah dibuat melalui web wokwi.com. Dalam sistem kontrol Arduino Uno R3 yang dihubungkan dengan sensor load cell yang akan membaca nilai berat dari load cell berupa voltase dan motor servo sebagai actuator. Dalam rancangan ini dilengkapi dengan keyped sebagai input mikrokontroler serta menentukan jumlah berat biji-bijian yang akan diisikan kedalam kemasan. Hasil pembacaan load cell dapat dilihat melalui LCD. Diagram rangkaian sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.



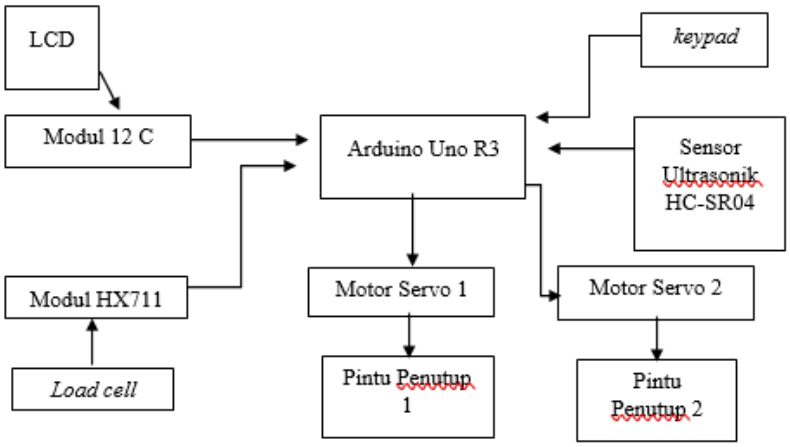
Gambar 2. Diagram rangkaian sistem control

C. Tahap Perakitan

Pada tahap perakitan semua komponen dirakit dan disatukan sesuai dengan rancangan pada solidworks. Hopper diposisikan pada bagian atas yang menampung biji jagung. Pada dasar hopper dirancang miring agar biji-bijian dapat bergerak menuju pintu hopper dengan mudah. Sedangkan pada bagian pintu hopper dipasang motor servo sebagai penggerak yang berfungsi pembuka dan penutup pintu hopper. Load cell dipasang di bagian bawah pintu hopper yang akan menentukan berat biji-bijian saat proses penimbangan. Rancangan alat yang sudah siap dirakit dapat dilihat pada Gambar 3 dan Mekanisme kerja alat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Perakitan semua unit *prototipe*



Gambar 4. Diagram kerja alat

D. Pengamatan

a) Kalibrasi Alat

Kalibrasi merupakan proses pengecekan dan pengaturan akurasi dari alat dengan cara membandingkan nilai standar dengan nilai pembacaan alat. Tujuan dari kalibrasi ialah mendapatkan ketertelurusan suatu alat ukur, simpangan alat ukur, serta menjamin alat ukur telah tertelusur dengan satandar nasional maupun internasional (Wicaksono dan Susanto, 2015). Proses kalibrasi berguna untuk mengakuratkan pembacaan sensor dengan hasil keluaran dari pintu hopper. Pada pengkalibrasian akan dibandingkan berat timbangan digital dengan sensor load cell yang dengan pengamatan waktu, berat biji-bijian, dan selisih berat timbangan dengan alat penakar biji-bijian. Pengkalibrasian load cell menggunakan persamaan regresi linear untuk mengkonversi nilai tegangan load cell menjadi nilai set point pada software Arduino IDE. Harsiti (2022) menjelaskan model matematis persamaan regresi linear sebagai berikut:

$y = a + bx$ ..... (1)

Keterangan :
x = Nilai berat *load cell* (gram)
y= Berat timbangan (gram)
a = Nilai Konstanta
b = Nilai Koefisien

Penjabaran nilai *a* dan *b* dalam persamaan 7 sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2)-(\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2)-(\sum x)^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{n(\sum xy)-(\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2)-(\sum x)^2} \quad (3)$$

Koefisien Korelasi

$$R = b\frac{s_x}{s_y} \quad (4)$$

Koefisien Determinasi

$$R^2 = (b\frac{s_x}{s_y})^2 \quad (5)$$

b) Uji Performa *Load Cell*

Perbedaan selisih penimbangan alat dengan timbangan digital yang ditimbang ulang. Berat biji-bijian akan diatur kembali pada program mikrokontroler sampai nilai selisih penimbangan dengan alat sangat kecil. Data dari hasil penimbangan alat rancangan dan timbangan kemudian dilakukan uji anova menggunakan aplikasi SPSS. Uji anova dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan pada bahan uji dan jenis bahan yang digunakan terhadap hasil penimbangan dan pengamatan yang dilakukan.

Uji anova dilakukan pada hasil pengamatan uji performa penimbangan, laju aliran bahan, efisiensi alat penakar, dan uji error alat penakar.

c) Laju Aliran Bahan

Laju aliran bahan merupakan perbandingan antara jumlah bahan dengan total waktu yang dibutuhkan(Sudirman et al., 2014). Adapun per samaan untuk menghitung laju grain flow sebagai berikut:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \quad (6)$$

Keterangan :

$\dot{m}$ = Laju Aliran Bahan (g/s)
m = Berat bahan yang ditimbang (g)
t = Waktu yang dibutuhkan untuk menimbang bahan (s)

d) Error yang Terjadi pada Alat

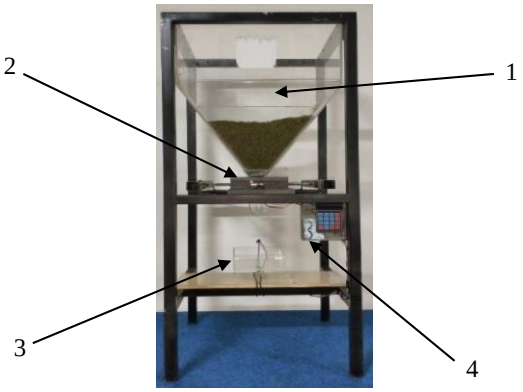
Error yang terjadi pada penelitian merupakan selisih antara hasil pembacaan timbangan digital dengan alat yang dirancang. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Nasution (2015) "Rancang Bangun Alat Penimbang Berat Otomatis untuk Biji Kacang Tanah Dengan Control Hopper Berpintu" selisih nilai antara timbangan digital dengan alat penimbangan otomatis sebesar -1,42 gram pada berat 500 gram. Menurut Youda & Sardi (2022), nilai error dan persentase error dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% E = \frac{|m_t - m_i|}{m_i} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :
% E = Persentase error
m_t = Massa hasil pembacaan (g)
m_i = Massa input (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat penakar biji-bijian yang telah dibuat menggunakan sensor load cell sebagai pembaca berat dari biji-bijian yang ditimbang. Motor servo dimanfaatkan sebagai penggerak tutup buka katup hopper. Pembuatan prototipe terdiri dari hopper, pintu hopper, timbangan load cell, kotak mikrokontroler yang dibuat berdasarkan konsep desain (Gambar 5). Setiap dari prototipe dibuat kemudian diuji terlebih dahulu apakah setiap prototipe sudah bekerja sesuai dengan fungsinya, jika belum maka diperbaiki lagi sampai bekerja pada fungsinya.



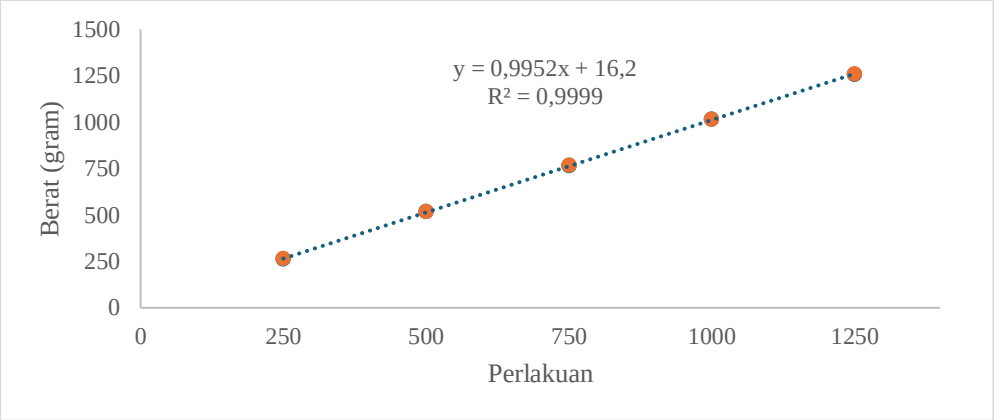
Gambar 5. Prototipe alat penakar otomatis

Keterangan :
1. Hopper
2. Pintu Hopper
3. Timbangan Load Cell
4. Kotak Mikrokontroler.

Cara kerja alat ini pertama saat kemasan diletakan diatas penampung load cell, sensor inframerah akan mendeteksi kemasan tersebut sehingga perintah untuk mengakses keypad di aktifkan. Kemudian alat bisa di operasikan, inputkan nilai berat pada keypad sebagai perintah. Setelah nilai diinputkan maka servo akan bergerak sehingga katup terbuka. Saat katup terbuka biji yang ada pada hopper akan turun ke kemasan. Saat load cell mencapai nilai input maka servo kembali berputar ke posisi nol sehingga katup kembali tertutup. Jika sensor inframerah tidak mendeteksi kemasan atau benda di depannya maka alat tidak bisa dioperasikan.

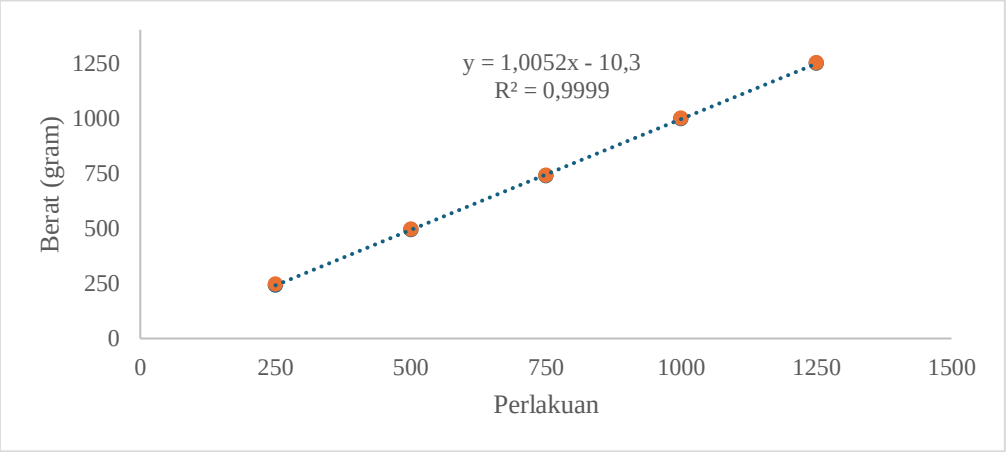
A. Uji Performa *Load Cell*

Pengujian sensor load cell bertujuan mengetahui sensor aktif dan siap untuk digunakan saat menimbangan bahan uji (Ihsan dan Krismadinata, 2020). Uji Performa Load Cell pada alat penakar otomatis dilakukan dengan perlakuan 250 gram, 500 gram, 750 gram, 1000 gram, 1250 gram pada setiap jenis bahan uji. Pertama penimbangan bahan uji dilakukan dengan menggunakan alat rancangan, kemudian dengan sampel yang sama ditimbang kembali dengan timbangan digital sebanyak 5 kali ulangan (Gambar 6-9).



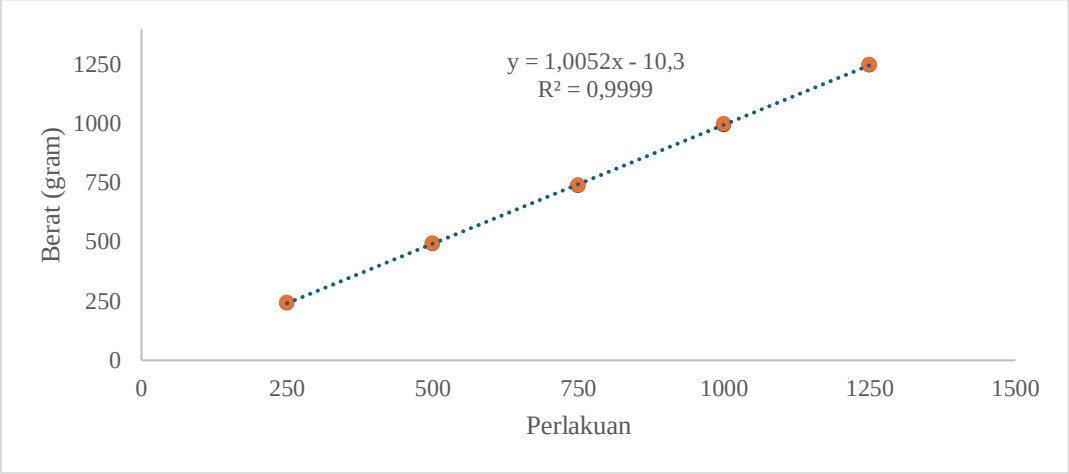
Gambar 6. Grafik Regresi Linear Penimbangan Kacang Hijau

Grafik regresi linear penimbangan kacang hijau Gambar 6 menampilkan hubungan antara hasil penimbangan alat penakar dengan input beratnya. Dari grafik dilihat nilai R^2 mendekati 1 yang berarti hasil penimbangan dengan alat penakar tidak jauh berbeda dengan berat bahan yang diinputkan sesuai perlakuan. Rata-rata selisih berat penimbangan 17,92 gram hal ini disebabkan kacang hijau memiliki bobot yang berat dari bahan yang lain. Bobot kacang hijau yang berat menyebabkan penambahan berat bahan yang lebih besar saat penimbangan, dimana diantara ketiga bahan dengan jumlah keluaran yang sama, berat kacang hijau yang paling besar.



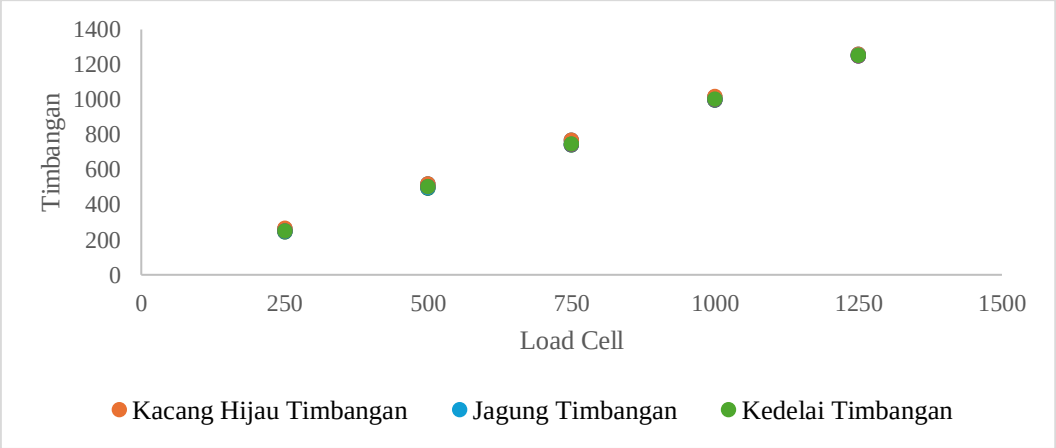
Gambar 7. Grafik Regresi Linear Penimbangan Jagung

Grafik regresi linear penimbangan jagung Gambar 7 menampilkan hubungan antara hasil penimbangan alat penakar dengan input beratnya. Dari grafik dilihat nilai R^2 mendekati 1 yang berarti hasil penimbangan dengan alat penakar tidak jauh berbeda dengan berat bahan yang diinputkan sesuai perlakuan. Rata-rata selisih penimbangan jagung dengan berat input -7,76 gram, dari ketiga bahan uji jagung memiliki laju aliran bahan yang paling kecil. Dari pengamatan saat penelitian, jagung yang diujikan memiliki bentuk pipih sehingga jagung lebih tertahan saat bertumpukan yang menyebabkan laju aliran bahan menjadi lebih lambat. Laju aliran bahan jagung yang lambat menyebabkan keluaran jagung saat penimbangan dengan waktu yang sama dengan bahan lain, memiliki berat yang lebih kecil atau kurang dari berat target yang diinputkan.



Gambar 8. Grafik Regresi Linear Penimbangan kacang kedelai

Grafik regresi linear penimbangan kedelai Gambar 8 menampilkan hubungan antara hasil penimbangan alat penakar dengan input beratnya. Dari grafik dilihat nilai R^2 mendekati 1 yang berarti hasil penimbangan dengan alat penakar tidak jauh berbeda dengan berat bahan yang diinputkan sesuai perlakuan. Dari ketiga bahan uji kedelai memiliki selisih dan error yang paling kecil. Penimbangan dengan alat yang telah dibuat harus ditimbang kembali untuk memvalidasi berat sebenarnya dari bahan yang diujikan (Gambar 9).



Gambar 9. Grafik Uji Performa Penimbangan dengan Load Cell

Uji anova performa penimbangan load cell dapat dilihat pada Gambar 9. Pada nilai akurasi alat memiliki selisih disetiap penimbangannya. Rata-rata nilai selisih penimbangan load cell dengan timbangan pada kacang hijau 1,28 gram, pada jagung 2,68 gram, pada kedelai 1,12 gram. Selisih antara nilai berat dengan berat perlakuan disebabkan karena ketidakakuratan motor servo menutup katup keluaran bahan uji. Ketidakakuratan motor servo menutup katup keluaran menyebabkan saat dilakukan

pengujian sensor load cell didapatkan nilai yang berbeda-beda (Gidion et al., 2019). Hasil uji Anova Performa Penimbangan Load Cell disajikan pada Tabel 2.

Dari uji anova performa *load cell* (Tabel 2) yang dilakukan didapatkan bahwa masing-masing perlakuan berat bahan dan jenis biji berpengaruh signifikan terhadap hasil penimbangan dan performa *load cell* dengan nilai sig 0,000 dan 0,000 yang nilainya < 0,05. Alat timbangan yang digunakan juga berpengaruh signifikan terhadap hasil penimbangan dengan nilai sig 0,018 < 0,05. Interaksi antara perlakuan berat bahan dan jenis biji berpengaruh terhadap hasil penimbangan (sig 0,030 < 0,05), menunjukkan bahwa berat penimbangan akan berbeda tergantung pada jenis biji yang ditimbang. Tidak ada interaksi dan pengaruh interaksi antara perlakuan berat dan alat timbangan, serta antara jenis biji dan alat timbangan. Perlakuan, jenis biji dan alat timbangan tidak memiliki interaksi dengan nilai sig 1 > 0,05. Dari uji anova performa load cell perlakuan dengan jenis bahan uji memiliki signifikan 0,030 yang menunjukan perlakuan dengan jenis bahan uji memiliki interaksi pada setiap hasil penimbangan, sedangkan perlakuan dengan alat timbangan dan jenis bahan uji dengan alat timbangan meliliki nilai signifikan lebih besar dari 0,05 hal ini menunjukan tidak adanya interaksi.

Tabel 1. Uji Anova Performa Penimbangan Load Cell

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Kuadrat Tengah	F	Sig.
Perlakuan	18.719.645.160	4	4.679.911,290	249.108,124	0,000
Jenis_biji	18.240,760	2	9.120,380	485,471	0,000
Alat Timbangan	107,527	1	107,527	5,724	0,018
Perlakuan * Jenis_biji	334,040	8	41,755	2,223	0,030
Perlakuan * AlatTimbangan	2,840	4	0,710	0,038	0,997
Jenis_biji * AlatTimbangan	18,413	2	9,207	0,490	0,614
Perlakuan * Jenis_biji * Alat Timbangan	7,320	8	0,915	0,049	1,000
Error	2.254,400	120	18,787		
Total	103.805.515,000	150			

Perlakuan: 250 gram, 500 gram, 750gram, 1000 gram, 1250 gram
Jenis Bijian: Kacang Hijau, Jagung, Kedelai

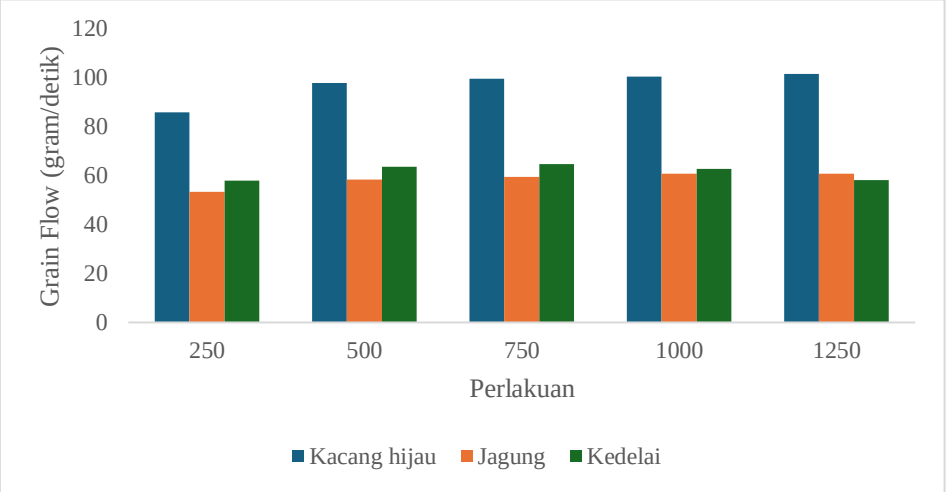
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Kuadrat Tengah	F	Sig.
Perlakuan	18719645160	4	4679911.290	249108.124	.000
Jenis_biji	18240.760	2	9120.380	485.471	.000
Alat Timbangan	107.527	1	107.527	5.724	.018
Perlakuan * Jenis_biji	334.040	8	41.755	2.223	.030
Perlakuan * AlatTimbangan	2.840	4	.710	.038	.997
Jenis_biji * AlatTimbangan	18.413	2	9.207	.490	.614
Perlakuan * Jenis_biji * AlatTimbangan	7.320	8	.915	.049	1.000
Error	2254.400	120	18.787		
Total	103805515.000	150			

Perlakuan: 250 gram, 500 gram, 750gram, 1000 gram, 1250 gram
Jenis Bijian: Kacang Hijau, Jagung, Kedelai

B. Laju Aliran Bahan (Grain Flow)

Grain flow merupakan aliran jatuhnya bahan uji saat proses penakaran terjadi pada alat penimbang otomatis. Laju aliran bahan bertujuan untuk mengetahui debit aliran keluaran hopper saat penimbangan bahan uji (Nurcholis, 2014). Pada pengujian yang telah dilakukan biji-bijian turun dengan

sempurna disetiap proses penimbangan. Menurut Taufiq & Budijono (2021), bahan uji dapat dikatakan turun dengan sempurna jika bahan uji keluar lebih 90% dari berat yang diinginkan. Biji-bijian yang jatuh dari hopper ke bagian pengemasan memiliki perbedaan waktu yang berbeda-beda. Laju aliran bahan dipengaruhi oleh waktu yang dibutuhkan motor penggerak dalam sekali penimbangan (Wahyudi et al., 2022).



Gambar 10. Grafik Laju Aliran Bahan

Grafik 11 menampilkan laju aliran bahan pada ketiga bahan uji. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata laju aliran bahan berbeda pada setiap jenis bahan. Laju aliran bahan tertinggi sebesar 101,48 (g/s) pada penimbangan 1250 gram bahan uji kacang hijau. Berat bahan dan jenis bahan yang ditimbang berpengaruh pada besarnya laju aliran bahan. Hasil analisis pengaruh perlakuan berat bahan dan jenis bahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Uji Anova Laju Aliran Bahan

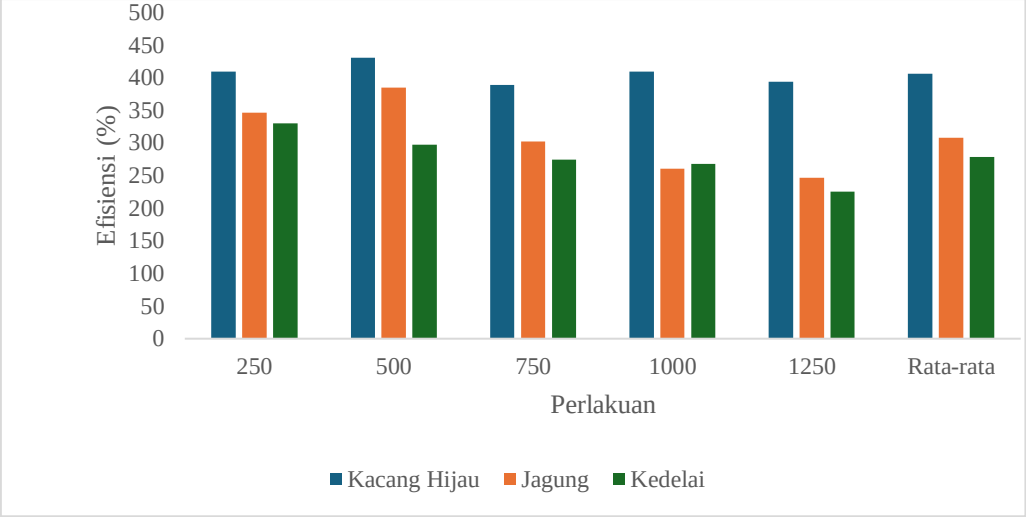
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Kuadrat Tengah	F	Sig.
Perlakuan	844,453	4	211,113	115,996	0,000
Jenis_bijian	23.062,907	2	11.531,453	6.335,963	0,000
Perlakuan * Jenis_bijian	352,827	8	44,103	24,233	0,000
Error	109,200	60	1,820		
Total	411.156,000	75			

Perlakuan : 250 gram, 500 gram, 750gram, 1000 gram, 1250 gram
Jenis Bijian : Kacang Hijau, Jagung, Kedelai

Dari hasil uji anova, perlakuan dan jenis bahan uji memiliki nilai signifikan 0,000 < 0,05 hal ini menunjukan adanya pengaruh perlakuan berat bahan dan jenis bahan terhadap laju aliran masa. Interaksi antara perlakuan berat bahan dan jenis bahan berpengaruh terhadap hasil penimbangan (sig 0,000 < 0,05). Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari perlakuan berat bahan, jenis bahan dan interaksi keduanya terhadap laju aliran bahan.

C. Efisiensi Alat Penakar Dengan Timbangan Digital

Penimbangan atau penakaran berat biji-bijian yang dilakukan dengan alat yang telah dibuat memiliki perbedaan penimbangan dengan cara manual. Penimbangan dengan alat yang telah dirancang memiliki cara kerja yang dimana biji-bijian langsung masuk ke dalam plastik kemasan. Sedangkan cara manual biji-bijian yang ditimbang harus di angkat beberapa kali sampai berat nya sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 11. Grafik Efisiensi Alat Penakar Dengan Timbangan Digital

Gambar 12 menampilkan grafik efisiensi alat penakar dengan timbangan digital pada ketiga jenis bahan. Dari uji coba yang telah dilakukan menunjukkan efisiensi pada penimbangan kacang hijau 406 % lebih cepat dibandingkan dengan penimbangan manual. Pada penimbangan jagung 308 % lebih cepat dibandingkan dengan penimbangan manual, sedangkan pada penimbangan kedelai 278 % lebih cepat dibandingkan dengan penimbangan manual. Dari grafik dapat dilihat bahwa jenis bahan berpengaruh terhadap hasil penimbangan. Hasil analisis pengaruh perlakuan berat dan jenis bahan terhadap efisiensi alat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Uji Anova Efisiensi Alat Penakar

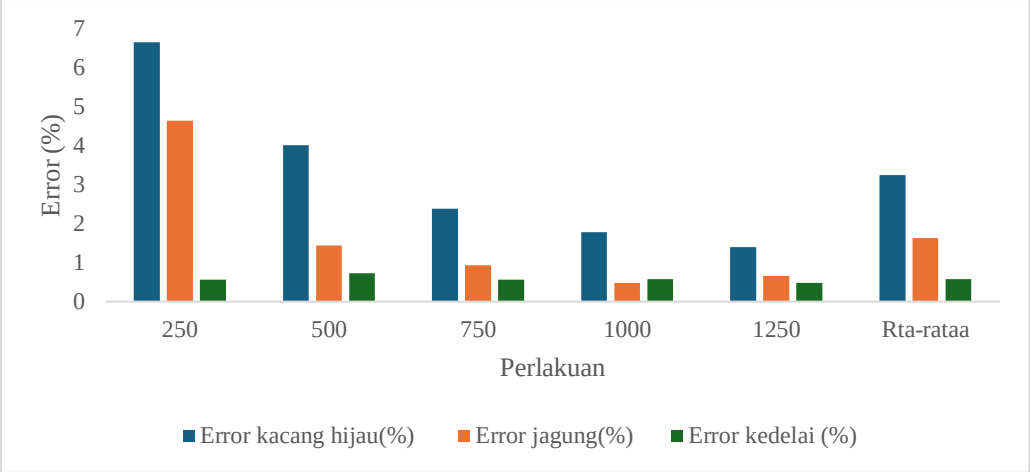
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Kuadrat Tengah	F	Sig.
Perlakuan	71.188,347	4	17.797,087	123,970	0,000
Jenis_Bijian	222.642,960	2	111.321,480	775,435	0,000
Perlakuan * Jenis_Bijian	30.493,573	8	3.811,697	26,551	0,000
Error	8.613,600	60	143,560		
Total	8.528.182,000	75			

Perlakuan : 250 gram, 500 gram, 750gram, 1000 gram, 1250 gram
Jenis Bijian : Kacang Hijau, Jagung, Kedelai

Dari hasil uji anova, perlakuan dan jenis bahan uji memiliki nilai signifikan 0,000 < 0,05 hal ini menunjukkan adanya pengaruh perlakuan dan jenis bahan yang digunakan terhadap efisisensi alat. Interaksi antara perlakuan berat bahan dan jenis bahan berpengaruh terhadap efisiensi alat penakar (sig 0,000 < 0,05). Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari perlakuan berat bahan, jenis bahan dan interaksi keduanya terhadap laju aliran bahan.

D. Nilai *Error*

Pada penimbangan berat bahan menggunakan timbangan standar dan penimbangan alat rancangan terdapat selisih penimbangan Pada penimbangan menggunakan sensor load cell didapatkan hasil penimbangan yang berbeda dengan menggunakan timbangan biasa atau dengan berat sebenarnya (Natalia et al., 2022). Error pada alat memiliki perbedaan dari setiap biji-bijian yang digunakan. Perbedaan berat dan ukuran membuat perbedaan error yang berbeda pada setiap proses penimbangnya (Gambar 13).



Gambar 12. Grafik Nilai Error %

Nilai error berdasarkan grafik error penimbangan biji-bijian memiliki perbedaaan setiap jenis biji-bijiannya. Pada biji kacang hijau nilai error terbesar pada penimbangan 250 gram sebesar 6,64 %, nilai error terkecil pada penimbangan berat 1250 gram sebesar 1,392%. Pada biji jagung nilai error terbesar pada penimbangan 250 gram sebesar 4,64 %, nilai error terkecil pada penimbangan berat 1250 gram sebesar 0,65 %. Pada biji kedelai nilai error terbesar pada penimbangan 250 gram sebesar 0,56 %, nilai error terkecil pada penimbangan berat 1250 gram sebesar 0,48 %. Hal ini menunjukkan jenis bahan uji dan perlakuan mempengaruhi nilai error pada alat (Prasetyo, 2018). Uji anova error alat penakar dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Uji Anova Nilai Error

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Kebebasan (dk)	Kuadrat Tengah	F	Sig.
Perlakuan	99,570	4	24,892	42,651	0,000
Jenis_bijian	89,321	2	44,660	76,522	0,000
Perlakuan * Jenis_bijian	53,080	8	6,635	11,368	0,000
Error	35,018	60	0,584		
Total	522,153	75			

Perlakuan : 250 gram, 500 gram, 750gram, 1000 gram, 1250 gram
Jenis Bijian : Kacang Hijau, Jagung, Kedelai

Hasil uji anova menunjukkan bahwa perlakuan berat dan jenis biji mempengaruhi nilai error secara signifikan. Perlakuan berat yang berbeda menghasilkan nilai error yang berbeda dengan nilai sig 0,00 < 0,05. Jenis biji yang berbeda juga menyebabkan nilai error yang berbeda dengan nilai sig 0,00 < 0,05. Interaksi antara perlakuan dan jenis biji berpengaruh signifikan terhadap nilai error dari penimbangan dengan nilai sig 0,00 < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa nilai error dari penimbangan bervariasi tergantung berat bahan yang ditimbang dan jenis biji yang ditimbang.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa prototype alat penakar dapat bekerja secara realtime yang dapat disesuaikan berat keluararannya sesuai dengan nilai input pada keypad, hasil menunjukan alat 4 kali lebih cepat dibandingkan penimbangan dengan dengan cara konvensional. Hasil analisis pengujian performa loadcell dan nilai error alat memperlihatkan nilai penimbangan kedelai lebih mendekati nilai yang diinginkan dengan rata-rata nilai error sebesar 0,58%. Hasil uji laju aliran bahan menunjukkan perbedaan nilai laju aliran bahan dari ketiga biji-bijian menghasilkan nilai timbangan yang berbeda dengan nilai yang diinginkan. Hasil pengujian alat memperlihatkan nilai penimbangan kedelai lebih mendekati nilai yang diinginkan. Perbedaan nilai laju aliran bahan dari ketiga biji-bijian menghasilkan nilai timbangan yang berbeda dengan nilai yang

diinginkan. Dari hasil uji anova perlakuan dan jenis bahan uji memiliki interaksi sehingga menjadi faktor penentu setiap hasil penimbangan.

DAFTAR PUSTAKA

Alwi, M. H., & Sulistiyowati, I. (2015). Rancang bangun timbangan paking pakan ikan berbasis microcontroller arduino. *Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*, 1–13.

Gidion, R., Muid, A., & Suhardi. (2019). Purwarupa Mesin Penjual Beras Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification Dengan Antarmuka Website. *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, *07*(03), 132–143.

Ihsan, A., & Krismadinata, K. (2022). Rancang Bangun Timbangan Digital dan Harga Berbasis Arduino Uno. *MSI Transaction on Education*, *3*(2), 79-90.

Nasution, A. J. (2015). Rancang Bangun Alat Penimbang Berat Otomatis untuk Biji Kacang Tanah dengan Hopper Berpintu. *Skripsi. Padang: Universitas Andalas.*

Nasution, A. N., Asri, A., Rosdiana, R., & Nisa, F. (2022). Perancangan Alat Penimbang Kacang Tanah Otomatis Menggunakan Sensor Berat (Load Cell Single Point). *Jurnal Energi Elektrik*, *11*(2), 25.

Natalia, Cristina Bregi, Aprilia Kaban, & Dkk. (2022). *Rancang Bangun Timbangan Berat Badan Bersuara Berbasis Arduino Uno Dengan Notifikasi Sms (Short Massage Service)*. 865–874.

Nurcholis, L. (2014). Perhitungan aliran fluida pada jaringan pipa. *Jurnal Jurusan Mesin UNIMUS*, *7*(1).

Prasetyo. (2018). *Rancang Bangun Alat Timbang Beras Dan Tepung Berbasis Arduino Uno*, Program Studi Teknik Elektro, Skripsi.Universitas Teknologi Yogyakarta

Sudirman, Y., Waluyo, S., & Warji. (2014). Uji Kinerja Prototipe Alat Pembersih Gabah [testing of mechanical separation equipment grain prototype]. *Jurnal Teknik Pertanian*, *3*(1), 1–8.

Taufiq, M. Y., & Budijono, A. P. (2021). Pemilihan Mekanisme Pengisian Pada Mesin Filler Berdasarkan Karakteristik Luncur Material (Grain, Powder). *Jurnal Teknik Mesin*, *2013*.

Wahyudi, C., Kabib, M., & Hudaya, A. Z. (2022). Desain Dan Implementasi Sistem Kontrol Massa Penimbangan Dan Laju Aliran Biji Jagung Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Crankshaft*, *5*(1), 12–21.

Youda, S., & Sardi, J. (2022). Rancang Bangun Kontrol Kecepatan Cairan Infus Berbasis Arduino Uno. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *5*(1), 23–32.